

# CALEFACCIÓN CENTRALIZADA POR BIOMASA, CUÉLLAR

(CENTRAL HEATING BY BIOMASS, CUELLAR)

Octavio Cantalejo Olmos, Alcalde del Ayuntamiento de Cuéllar (Segovia)

Gregorio Antolín Giraldo, Profesor de la E.T.S.I. Industriales, Universidad de Valladolid

Director del Lab. de Procesos Químicos, del Centro Tecnológico CARTIF

Santiago Díez Castilla, Investigador del Centro Tecnológico CARTIF, Valladolid

Responsable de la planta de biomasa de Cuéllar (Segovia)

Jesús Verdú Pérez, Investigador del Centro Tecnológico CARTIF, Valladolid

Fecha de recepción: 30-VII-2001

ESPAÑA

113-58

## RESUMEN

*Con el fin de demostrar su viabilidad técnica y económica y dar servicio a los habitantes de la localidad, se ha instalado en Cuéllar (Segovia, España), una planta de calefacción municipal alimentada con biomasa residual.*

*Como combustible utiliza los residuos biomásicos procedentes de la industria piñonera de la zona. La energía calorífica generada por el proceso de combustión de éstos, calienta agua que es distribuida a través de un circuito de tuberías aisladas a través de la ciudad. Se proporcionan así los servicios de calefacción y agua caliente sanitaria según la época del año.*

*El estudio de la operación de la planta, ha permitido caracterizar los parámetros de funcionamiento más adecuados, habiéndose obtenido un rendimiento térmico total de la instalación del 60%, quedando justificada su viabilidad técnica y económica respecto a otros combustibles tradicionales. Su gran contribución medioambiental a la producción de energía, además de las ventajas sociales como la creación de puestos de trabajo y desarrollo de actividades alternativas en zonas agrícolas y forestales, hacen que esta instalación sirva de modelo para su desarrollo en otras poblaciones con potencial de biomasa.*

## SUMMARY

*A plant of municipal central heating feeded with residual biomass, has been created in Cuéllar (Segovia, Spain), in order to demonstrate its technical viability and to make more comfortable the life of village inhabitants.*

*Those residual biomass used as combustible, comes from the pine seeds, the key industry in the area. The calorific energy generated by combustion of those pine seeds, serves to heat the water to be send later through different pipes crossing the village. So, heating services and sanitary hot water are used according to the moment of the year.*

*The study of the operative plant, allow us to discern the more adequated operation parameters, reaching a total thermal yield of 60%. So its technical and economical viability concerning other traditional combustibles, its big environmental contribution to the production of energy, in addition to the social advantages -like the creation of new working jobs and the development of alternative activities in agricultural and forest areas- have contributed to present this plant as a model to be extended to other areas with potential biomass.*

## 1.-INTRODUCCIÓN

**Energía, economía y ecología** están íntimamente relacionadas y, a su vez, tienen una gran influencia sobre el ser humano. Esta influencia viene definida por el tipo de tecnología empleada, entendiendo por tecnología la *aplicación del conocimiento a la satisfacción de las necesidades de la humanidad*.

La búsqueda de una energía barata, inagotable y no contaminante no es más que un sueño en el que algunos siguen creyendo o, por el contrario, un intento de distraer la atención de los problemas del mundo en que vivimos. Como han dicho en múltiples conferencias distintas personalidades del sector energético español, *"la única energía que no contamina es la que no se consume"* y, por lo tanto, debemos plantearnos la utilización de la mínima energía necesaria para no comprometer el futuro bienestar de la humanidad.

La caída de los precios del petróleo a mediados de los ochenta supuso una pérdida del peso económico que el consumo de energía tiene en la toma de decisiones y obligó a asociar los esfuerzos por optimizar el consumo energético a *aspectos medioambientales, tecnológicos y de modernización* (ya sea en forma de aumento de productividad, mejora de la calidad de vida, creación de empleo, etc.) que son los tres pilares en los que se sustenta lo que de forma extensiva se ha dado en llamar como **Desarrollo Sostenible**.

Una definición de sostenibilidad puede obtenerse a partir de la que da la Teoría Económica para la Renta: *"la renta de una persona es lo que ésta puede consumir en un cierto periodo de tiempo y todavía, al final del mismo, posee tanto como al principio"*.

Un tópico con gran arraigo popular es la identificación del ahorro de energía con la penuria o la escasez, lo que es debido a la confusión entre los términos de **energía y**

**servicio energético**. No se trata de una distinción puramente académica, puesto que tiene notables repercusiones prácticas. El siguiente ejemplo ayudará a aclarar su significado.

Al encender una bombilla el servicio energético es una cierta cantidad de energía luminosa que se demanda, ahora bien, esa cantidad de luz puede obtenerse con unos consumos energéticos muy distintos. Así, si se emplea una bombilla incandescente tradicional se consumirá tres veces más que si se emplea un fluorescente ordinario. En ambos casos el servicio energético que el consumidor obtiene es el mismo pero el consumo de energía es claramente distinto.

Los consumidores finales no demandan carbón, petróleo o electricidad, sino que son los servicios que estas energías suministran lo que constituyen sus necesidades a cubrir. La demanda de energía es una demanda derivada: lo que se demanda es agua caliente, calor, alimentos cocinados, kg de ropa limpia o km recorrido.

La cantidad de energía final necesaria para dar un cierto servicio energético, depende de la eficiencia de la tecnología empleada. En el esquema siguiente se muestra la cadena energética que transforma las fuentes de energía primaria en servicios energéticos (Figura 1).

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético-MCYT): *"a día de hoy, cada familia española realiza un desembolso en torno a las 250.000 pts anuales para satisfacer sus necesidades energéticas; y se estima que se podría llevar a cabo un ahorro cercano a las 25.000 pts en el consumo medio de cada familia sin pérdida alguna de bienestar adoptando una serie de medidas básicas de ahorro energético"*.

Estas medidas de ahorro son de mayor trascendencia en el ámbito de la empresa, pues una reducción de los costes energéticos repercute indudablemente en una mejora de la competitividad.

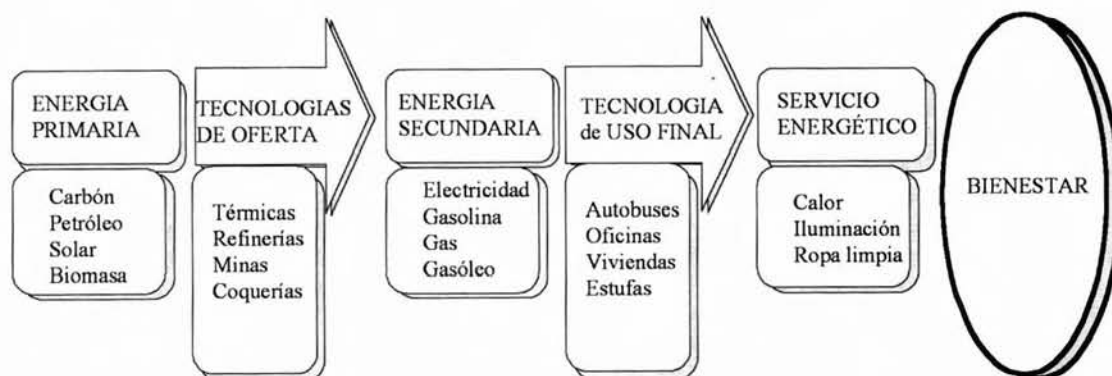


Figura 1.- Cadena tecnológica que transforma la energía primaria en servicios energéticos, que son los que contribuyen al bienestar humano. Fuente: Dpto. Ingeniería Química, E.T.S.I.I., Universidad de Valladolid.

La energía es un bien escaso y de alto coste, con importantes repercusiones en la economía, sociedad y medio ambiente, por lo que resulta imprescindible mantener las cotas alcanzadas de reducción de consumo y perseguir la consecución de nuevos y ambiciosos objetivos.

Según los datos aportados por el Gobierno, en el año 2000 el déficit por cuenta corriente de España se multiplicó por nueve, lo que provocó que el sector exterior detrajera 1,3 puntos del crecimiento económico. Uno de los principales causantes de esta aceleración del desequilibrio en nuestra economía es lo que la llamada "la factura del petróleo", como consecuencia en la escalada de precios de los productos energéticos.

Siempre que se produce un ascenso en los precios de los combustibles fósiles, como ocurre en este comienzo de siglo, la economía de todos los países sufre fuertes repercusiones. Es entonces cuando se hace aun más necesario llevar a cabo una **Planificación Energética**, en base a la evolución del consumo y a las estimaciones de consumos futuros.

Ya hay quien ha acuñado una nueva unidad para expresar la energía ahorrada: **negavatios**, que son los megavatios ahorrados, no consumidos, sin perjuicio del servicio o de las características del producto. Es evidente que los negavatios no emiten  $\text{SO}_2$ , ni  $\text{NO}_x$ , ni  $\text{CO}_2$ , ni generan residuos.

En el siguiente gráfico se representa la evolución experimentada por el consumo final de energía en nuestro país y las previsiones futuras (Gráfico 1).

## 2.- PLAN NACIONAL DE FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES 2000 - 2010

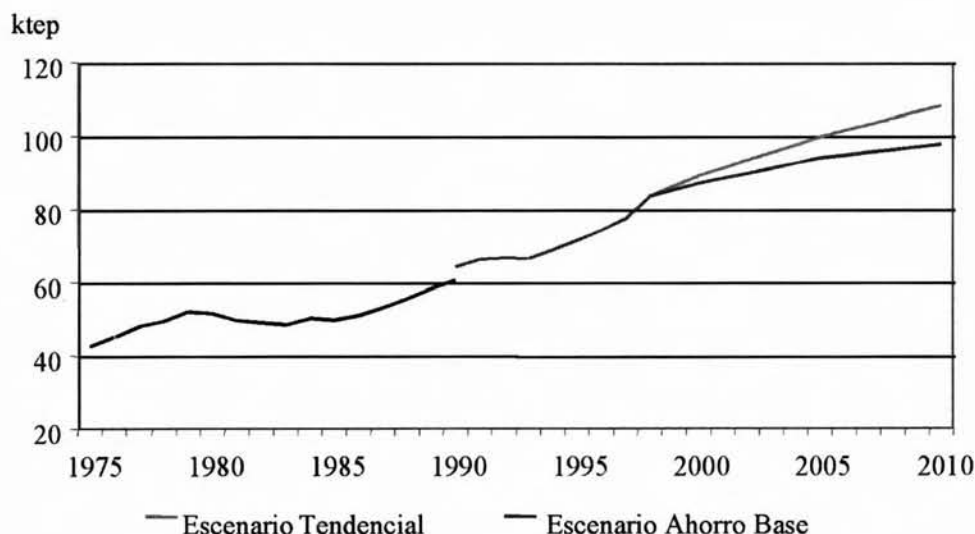
El Plan recoge las principales directrices y líneas de actuación que se pueden considerar relevantes en la articulación de una estrategia para que el crecimiento de cada una de las áreas de energías renovables pueda cubrir, en su conjunto, al menos el **12% del consumo de energía primaria** de España en el año 2010 (Gráfico 2).

Las energías renovables contribuyen, por su carácter autóctono, a la reducción de la tasa de dependencia energética del exterior, que ha sido creciente en las últimas décadas en todos los países de nuestro ámbito.

Sin embargo, la producción nacional de energía se encuentra estabilizada entre 25 y 30 Mtep y, como se muestra en el Gráfico 3, los aumentos en la demanda de energía primaria son satisfechos mediante importaciones. El grado de **dependencia energética** en España es de los más elevados de la Unión Europea llegando a superar, en lo que hace referencia a petróleo y gas, el 99%. Teniendo en cuenta la procedencia de estas importaciones y las incertidumbres políticas y económicas a las que se encuentran sometidos los países suministradores, las políticas de eficiencia energética y la promoción de las energías renovables constituyen un hecho de capital importancia.

El desarrollo de las energías renovables viene fundamentado, entre otros, por tres pilares determinantes:

1.- El propio **mercado de la energía**, cuyo objetivo



Nota: Incluidas las energías renovables a partir de 1990

Gráfico 1.- Evolución y previsión del consumo de energía en España. Fuente: Grupo de Prospectiva Energética IDAE/MINER/MEH.

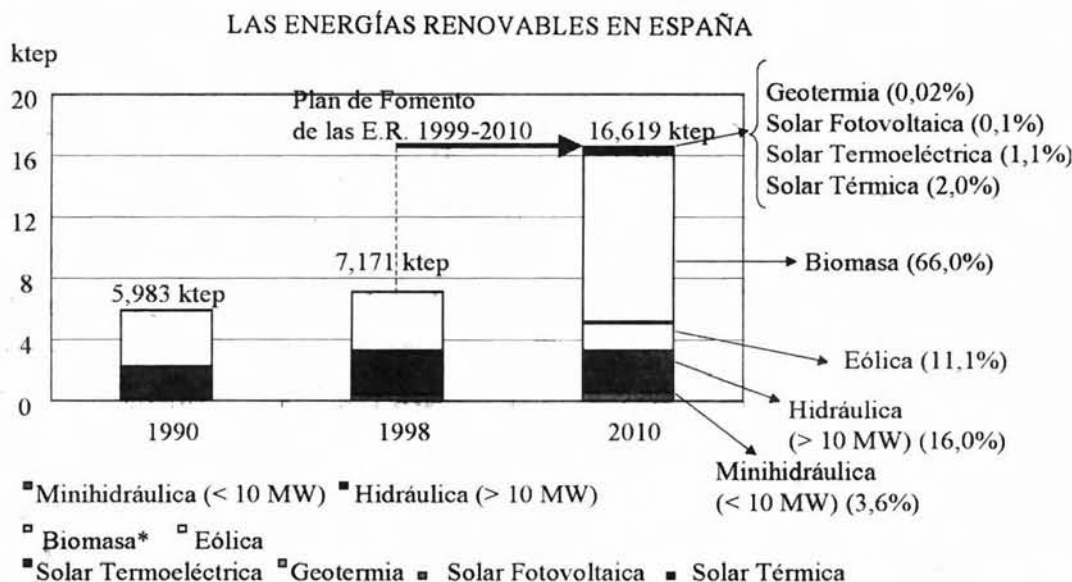


Gráfico 2.- Evolución de las energías renovables en España y previsiones del Plan de Fomento de las EERR. Fuente: IDAE.

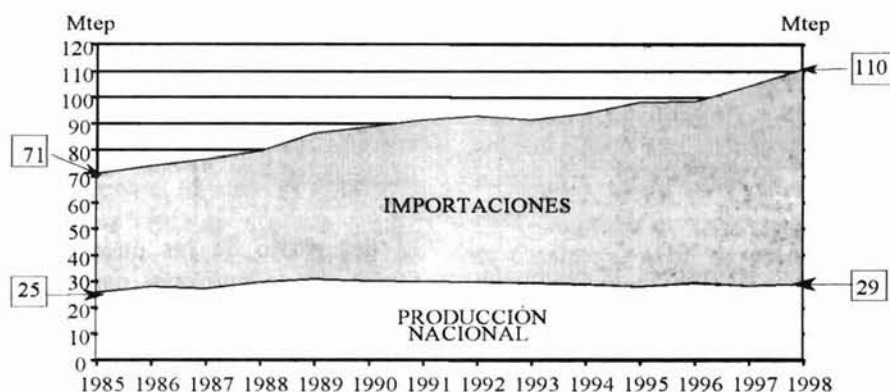


Gráfico 3.- Evolución del consumo de energía primaria en España y origen del abastecimiento. Fuente: Ministerio de Economía.

fundamental es garantizar el suministro (respetando el medio ambiente).

**2.- Problemática medioambiental:** La necesaria contención del crecimiento de las emisiones de gases que dan lugar al efecto invernadero, establecida por el **Protocolo de Kioto**, requiere una mayor utilización de las energías renovables a fin de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases a la atmósfera.

**3.- Sistema económico:** El empleo y el crecimiento de un sólido tejido industrial y empresarial son ventajas fundamentales que conlleva el desarrollo de las energías renovables.

El área de biomasa engloba una gran variedad de recursos, aplicaciones energéticas y mercados. Como recursos se encuentran los residuos municipales, los biocarburantes, los restos agrícolas y forestales, los cultivos energéticos,

etc. Como tecnologías nos encontramos con procesos de combustión, gasificación, pirólisis, fermentación, etc. Y como mercados aparecen las industrias productoras de restos biomásicos, district heating como el de Cuéllar, empresarios agrícolas y forestales, etc.

A continuación se presenta un análisis de la situación y previsiones relativas a los tres tipos de biomasa asimilables en la Planta de Cuéllar (Tablas 1, 2 y 3).

### 3.- PLANTA DE BIOMASA DE CUÉLLAR

#### 3.1.- District heating. La Villa de Cuéllar

Las redes de calefacción o **district heating** son sistemas con una larga tradición en países del centro y norte de Europa (en Dinamarca y Suecia cubren la mitad de las necesidades de calefacción del país). En los últimos tiempos han experimentado un gran impulso gracias a la

reducción de costes que suponen frente a las alternativas no centralizadas y las innegables ventajas medioambientales que proporcionan en el entorno urbano.

En muchos casos se aprovecha el calor residual de centrales termoeléctricas, mejorando notablemente su eficiencia energética. Gracias a este sistema las centrales danesas llegan a un aprovechamiento cercano al 70% de la energía consumida, cuando en una central convencional el rendimiento apenas alcanza el 30%.

Estos sistemas varían mucho de unos lugares a otros, tanto en el tamaño de las redes como en los combustibles utilizados. Así, encontramos redes desde 4,5 km en Arbestahal (Austria) hasta 335 km en París, donde abastece a un millón de habitantes. En cuanto a los recursos energéticos empleados varían desde la energía geotérmica en Ferrara (Italia) hasta la incineración de residuos sólidos urbanos en París, pasando por el uso de residuos forestales en la isla de Córcega.

TABLA I

RESIDUOS FORESTALES				
Ámbito		Proceden de los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales realizados para la defensa y mejora de éstas. Se obtienen tras la realización de operaciones de corta, saca y transporte primario a la pista.		
Tecnología		<ul style="list-style-type: none"><li>- Actual. El astillado hace posible su transporte en condiciones económicas aceptables obteniendo un producto manejable y de granulometría homogénea. La experiencia en el manejo de estos equipos es limitada.</li><li>- Previsión. Desarrollo de mejores equipos de astillado.</li></ul>		
Medio Ambiente		Contribución a la regeneración natural de las masas y mejora del crecimiento y calidad del arbolado, además de disminuir el riesgo de incendios forestales y la aparición de plagas.		
Dificultades para el aprovechamiento		Las operaciones de limpieza, astillado y transporte superan los precios que el uso energético puede pagar. Se necesita tener de forma sostenida en el tiempo los recursos económicos para la mejora de la masa forestal y prevención de incendios, manteniendo la continuidad que precisan las inversiones energéticas.		
Actuaciones		Es de gran interés el desarrollo de actuaciones silvoenergéticas en montes con: <ul style="list-style-type: none"><li>- Gran necesidad de actuar medioambientalmente</li><li>- Elevado potencial de biomasa</li><li>- Producción energética viable</li></ul> Estas masas forestales deberían estar dotadas con presupuestos específicos, incentivos a la inversión, realización de proyectos de demostración y formación de las entidades públicas.		
Previsiones				
2000 - 2010		Actuar en 150.000 ha/año Recursos energéticos de 450.000 tep/año		
2000 - 2006		Producción de biomasa forestal: 220.000 tep/año Inversiones en equipamiento: 4.170 Mpta Incentivo público: 942 Mpta (20%) Presupuestos para actuaciones forestales: 11.142 MPta Ayuda directa al producto: 2.674 Mpta/año		
Ayudas públicas				
Generación		Acondicionamiento energético		Ayuda directa al combustible
Subvención de la inversión	Explotación	Subvención de la inversión	Explotación	
	50.000pta/ha	20 %		4.000 pta/tep



TABLA 2

RESIDUOS AGRÍCOLAS LEÑOSOS				
Ámbito		Proceden de podas de olivos, viñedos y frutales. Su producción tiene carácter estacional		
Tecnología		Es conveniente un tratamiento que permita un transporte barato, lo cual precisa un astillado o compactación del material obtenido en el campo.		
Medio Ambiente		La eliminación de los residuos, además de constituir un imperativo del cultivo, disminuye el riesgo de incendios ocasionados por quemas no controladas y la aparición de plagas.		
Aprovechamiento		Actualmente no tienen valor en el mercado y su eliminación supone un coste para el agricultor, con lo que estas actividades podrían considerarse como un beneficio para éste.		
Dificultades		Las explotaciones están dispersas y a pequeña escala. La producción es estacional y aún no se ha demostrado su viabilidad práctica y económica.		
Actuaciones		Difícil la realización de proyectos de demostración y difusión para adquirir experiencia y demostrar la viabilidad técnico-económica de esta actividad. Servirán para crear colaboraciones entre los agentes agrícolas y el energético que benefician a ambos.		
Previsiones				
2000 – 2010		Actuar en 875.000 ha/año Recursos energéticos de 350.000 tep/año		
2000 - 2006		Producción de biomasa forestal: 170.00 tep/año Inversiones en equipamiento: 3.665 Mpta Incentivo público: 733 Mpta (20%) Ayuda directa al producto: 2.080 Mpta/año		
Ayudas públicas				
Generación		Acondicionamiento energético		Ayuda directa al combustible
Subvención de la inversión	Explotación	Subvención de la inversión	Explotación	
		20 %		4.000 pta/tep

TABLA 3

<b>RESIDUOS DE INDUSTRIAS FORESTALES</b>	
<b>Ámbito</b>	Proceden de los procesos de primera y segunda transformación de la madera y forman un conjunto de materiales heterogéneos entre los que se encuentran las astillas, cortezas, serrín, recortes, cilindros, finos y otros.
<b>Tecnología</b>	El tratamiento y manejo se resuelve con una tecnología convencional ya conocida. Es necesaria una homogeneización granulométrica y/o densificación mediante equipos de astillado, trituración y densificación.
<b>Aprovechamiento</b>	Existe ya un alto grado de aprovechamiento, sea energético o no, lo que puede retrasar las aplicaciones energéticas.
<b>Actuaciones</b>	Sería de gran interés el desarrollo de proyectos de demostración y difusión, actuaciones tecnológicas y de I+D.
<b>Previsiones</b>	
<b>2000 - 2010</b>	Recursos energéticos de 250.000 tep/año.

Por el contrario, en España la realización de redes de calefacción constituye una actuación altamente novedosa. Aunque ya existen calderas de combustión de **biomasa lignocelulósica**, en ningún caso son de carácter institucional, ni abastecen a un gran número de usuarios de la zona.

En el mapa de Castilla y León se ha mostrado el **potencial de biomasa** de la Región, que es de los más importantes de España. Además, hay que considerar las numerosas empresas que cubren muchas fases de comercialización de biomasa o de equipos específicos de aprovechamiento energético en esta Región (Figura 2).

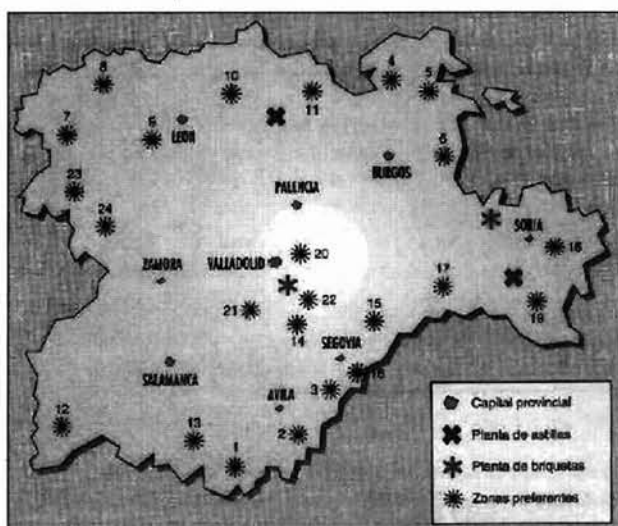


Figura 2.- Zonas de interés para la producción de biomasa forestal. Fuente: EREN.

La **Villa de Cuéllar** se encuentra situada al nordeste de la provincia de Segovia, en el límite de la de Valladolid y en plena Tierra de Pinares. Está documentada la posición preponderante de la Villa en la meseta del Duero en la Edad Media, y testigo de esa historia se encuentra tanto uno de los mayores patrimonios edificados del **mudéjar** como un doble recinto amurallado.

Con una población censada de 9.500 habitantes y un número de viviendas cercano a los 4.000, es cabeza de la Comunidad de Villa y Tierra Antigua de Cuéllar, Mancomunidad de origen medieval que engloba a 36 pueblos de la comarca y a unos 30.000 habitantes aproximadamente.

Vinculada desde tiempos inmemoriales a la masa forestal que la rodea, Cuéllar ha estado ligada al pinar,

fundamentalmente a través de las industrias de la resina y la madera, que complementaban en su día a la agricultura y a la ganadería como actividades productivas de la población.

Al margen de la propiedad privada del monte, el número de hectáreas de pinar de la comunidad de Villa y Tierra Antigua de Cuéllar es superior a las 12.000 ha y calificadas como **monte de utilidad pública** y, portanto, de gestión autonómica. Estos montes han sido considerados ancestralmente por los habitantes de la zona como un verdadero patrimonio común forestal, fuente de vida, trabajo y riqueza. Otro potencial susceptible de aprovechamiento en el municipio son los residuos de los cerca de 20 talleres y fábricas del sector de transformación de la madera.

La red de calefacción municipal se ha diseñado para dar suministro a parte del distrito Sur de Cuéllar. La Planta térmica se ha ubicado a escasos 2.000 metros del punto de consumo más lejano, y con una ubicación estratégica en relación a la incorporación de nuevas áreas residenciales que prevé el planeamiento vigente.

### 3.2.- Descripción de la instalación

Se va a describir la instalación realizada tomando como base el proyecto de ejecución de la misma. En este caso se va a tratar de hacer de una manera secuencial lógica, siguiendo el camino que sigue el combustible del cual se obtiene la energía térmica.

En primer lugar está el **parque de combustible**. Posteriormente aparece la **Planta de combustión de biomasa propiamente dicha**, que engloba el sistema de alimentación de calderas, calderas, sistemas de alimentación de comburente, extracción y depuración de los gases de combustión y el sistema de generación y transferencia de calor. Por último, se describe la **red de distribución de agua y las conexiones a los usuarios**.

En la página siguiente aparece el primero de los esquemas descriptivos de la instalación (Figura 3)

### PARQUE DE ALMACENAMIENTO

La biomasa llega a la Planta en camiones que la depositan en el área de recepción del combustible. Se cuenta con un **parque de combustibles** de una extensión aproximada de 3.600 m<sup>2</sup> (Figura 4).

En dicha figura puede apreciarse la zona del parque de combustible más próxima a la nave. Destacar que todo el parque de combustible se encuentra a una cota superior a la de la Planta (la diferencia de cotas es la altura del silo de almacenamiento de biomasa), de esta forma el trasvase de biomasa al interior de la Planta se realiza de forma óptima.

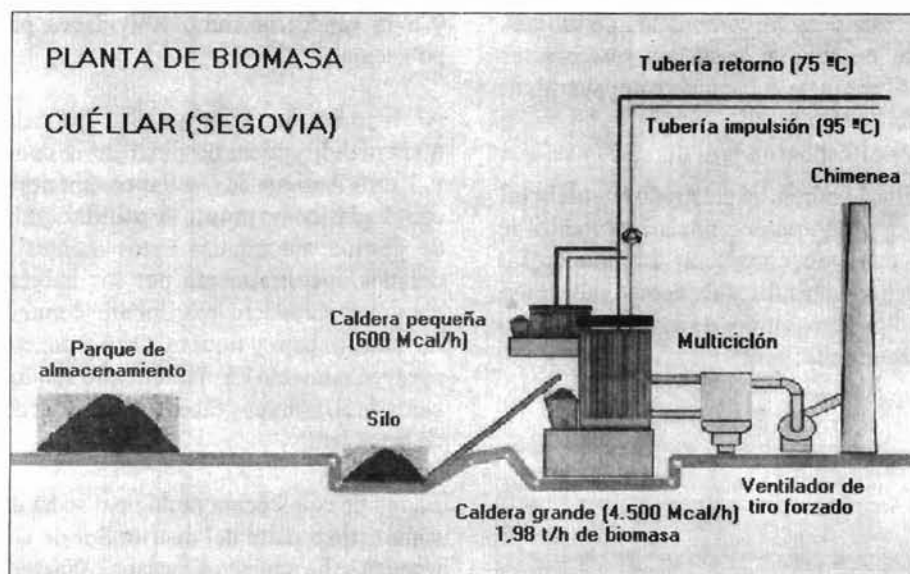


Figura 3.- Esquema de la Planta térmica de Cuéllar alimentada por biomasa.

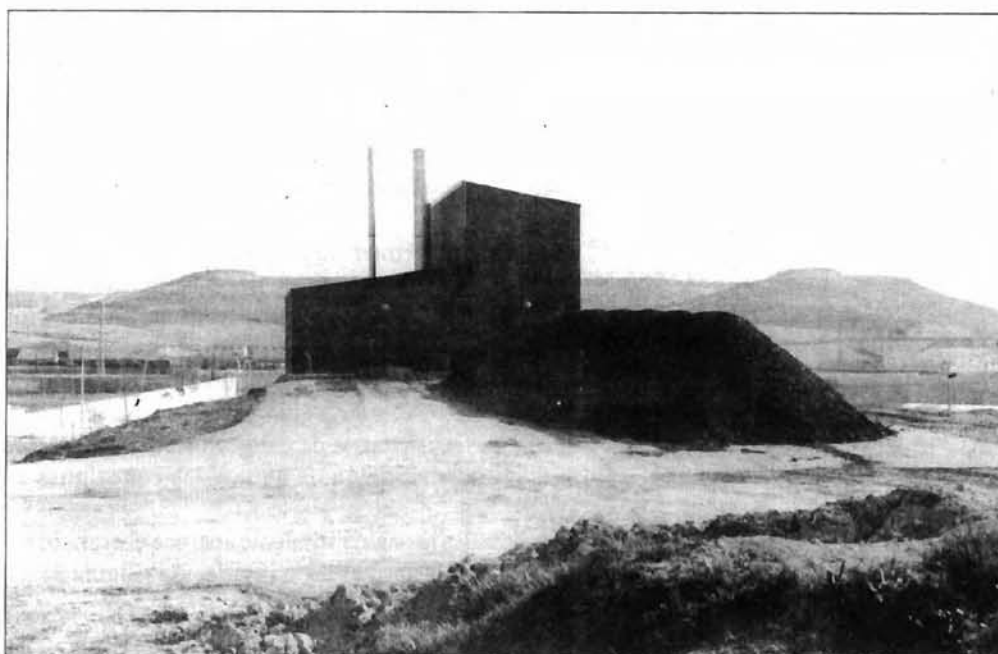


Figura 4.- Detalle del parque de combustibles y biomasa almacenada.

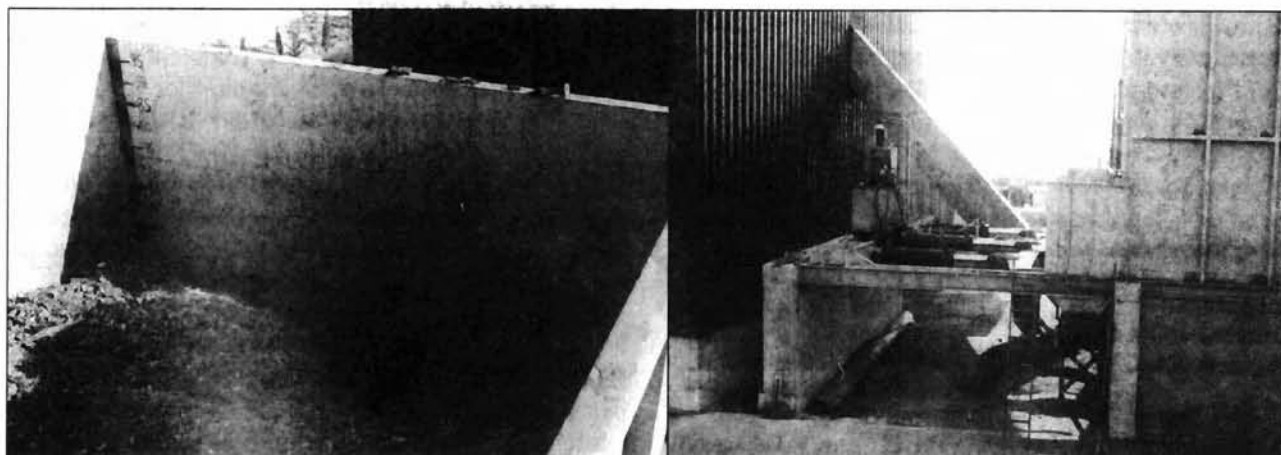
Después del parque aparece el **silo de almacenamiento**. Con una geometría paralelepípeda, tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup> (aproximadamente el consumo de dos días de funcionamiento cuando se presta servicio de calefacción y ACS en período invernal).

El silo dispone en su fondo de un sistema de **rascadores**, en forma de cuña unidos a unos bastidores metálicos que son accionados por tres **pistones hidráulicos**. Estos

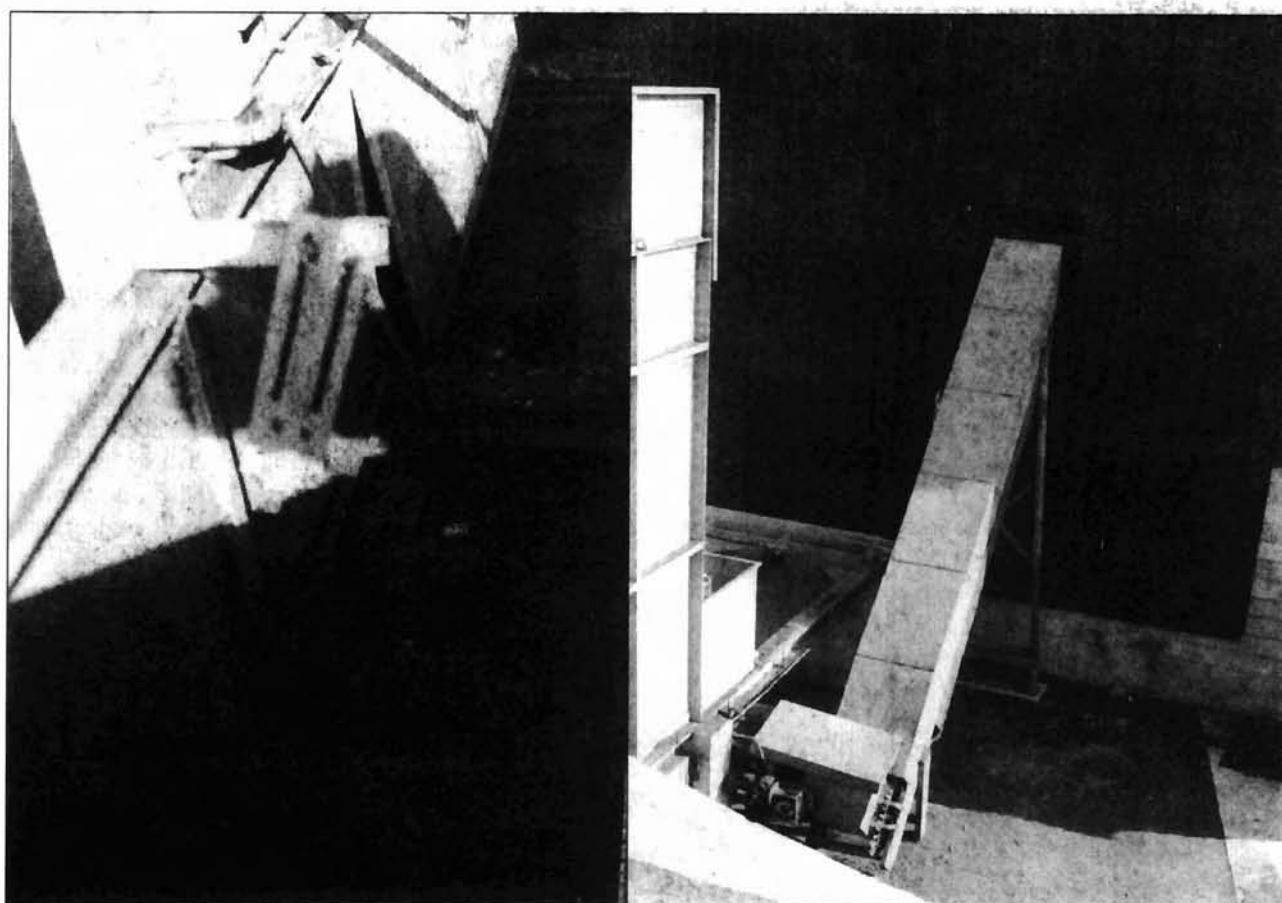
pistones poseen una carrera de 700 mm y son movidos por una **central hidráulica**, que consta de un depósito de 150 dm<sup>3</sup>, una bomba con motor trifásico de 15 CV, un presostato de seguridad y una electroválvula que gestiona el líquido hidráulico.

Gracias a este sistema se puede llevar a cabo una gestión automática de la biomasa depositada en el interior del silo (Figura 5).





*Figura 5.- vista interior del silo (izquierda) y central hidráulica para su gestión (derecha).*



*Figura 6.- Detalle del nivel de paletas (izquierda) y la cinta inclinada (derecha).*

#### PLANTA DE COMBUSTIÓN DE BIOMASA PROPIAMENTE DICHA

Mediante el accionamiento de los tres rascadores se consigue depositar la biomasa sobre la primera de **tres cintas de transporte** (cinta horizontal inferior), que recorre toda la longitud frontal del silo. Esta cinta es

accionada por un motor de 2 CV, se encuentra dispuesta a una altura ligeramente inferior al fondo del silo y posee un sistema de regulación de velocidad que es gestionado por el personal de la Planta. De esta forma, en función de las características físicas de la biomasa empleada y de las condiciones de funcionamiento, se puede variar la velocidad del sistema de alimentación de combustible (Figura 6).

La primera cinta conduce el combustible hasta otra cinta, en este caso de disposición inclinada y con **cangilones**, que transporta el combustible desde la cota cero del silo hasta la cota superior de la zona de calderas.

Los cangilones son de material plástico y con una altura de quince centímetros. Estas características son las indicadas para realizar el trasvase de un material que posee una granulometría muy variable (desde serrín hasta tamaños del orden de 200 mm) entre dos cotas a diferente altura (con una diferencia de altura cercana a los doce metros).

La cinta de cangilones inclinada deposita el combustible en la tercera cinta (cinta inversora horizontal superior), con doble sentido, que reparte el material hacia la tolva de la caldera que en esos momentos se encuentra en servicio.

El sistema de alimentación que posee cada caldera consta de **dos tolvas** con dos compuertas accionadas por sendos **pistones neumáticos**. El modo de funcionamiento es alternativo, temporizado a voluntad, de manera que cuando descarga una, la otra permanece cerrada y viceversa. De esta manera se evita la entrada de aire frío al hogar y los posibles retrocesos de los gases de combustión o salida de llamas que podrían provocar incendios.

La planta posee **dos calderas** (para satisfacer dos modos diferentes de funcionamiento) **dispuestas en paralelo**. La mayor es de una potencia nominal de **4.500.000 kcal/h** y se emplea para dar servicio de calefacción y ACS en invierno. La menor es de **600.000 kcal/h** y proporciona servicio de ACS durante el verano.

Las calderas son de **parrillas inclinadas con movimiento reciproco** para favorecer el tránsito de combustible por gravedad según se va combustionando. De alimentación

gravitatoria por la parte anterior, y de descarga de ceniza por la parte posterior. Con un hogar recubierto de material refractario. La posición del intercambiador acuotubular es vertical sobre la bóveda del hogar.

En la Figura 7 se puede apreciar el interior de la caldera. Señalar que el aire es introducido en el hogar por debajo de las parrillas y por encima de la línea de parrillas, como se describirá más adelante.

El sistema de parrillas está compuesto por parrillas de fundición, con aleación de cromo-níquel. Se alternan parrillas móviles y fijas, lo que permite una gestión óptima del combustible dentro del hogar, además de favorecer su movimiento desde la parte superior hacia el cenicero que se encuentra en la parte baja de la caldera, donde se recogen las escorias.

Las parrillas se apoyan sobre un robusto **entramado metálico** por donde deslizan los **carros de arrastre**, que son portadores de barras móviles y están accionados por un pistón hidráulico con una carrera de 15 cm. El movimiento de los carros está controlado por un temporizador cuya regulación es llevada a cabo por el personal de la Planta. En el caso de la caldera mayor, la cámara tiene dos secciones de parrillas y cada sección es accionada por un pistón diferente (Figura 8).

En el tramo superior del hogar de combustión se lleva a cabo el almacenamiento de combustible, su presecado e inicio de combustión. En el tramo central de parrillas es donde se produce la combustión de la biomasa, de manera que en el tramo final no debe prácticamente haber combustión, ya que la biomasa ha pasado a ser escoria, a excepción de algún elemento de mayor tamaño que por sus características aún esté combustionando. El **cenicero** se

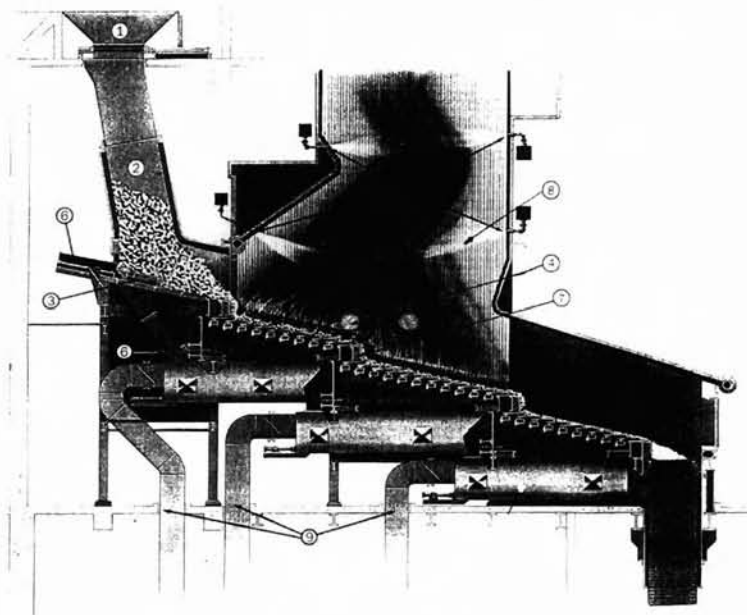


Figura 7.- Interior de la caldera.



Figura 8.- Detalle de las parrillas y vista interior de la caldera.



Figura 9.- Bocas de insuflación del aire primario (izquierda) y toberas del nivel terciario (derecha).

encuentra en la parte inferior y posterior de la caldera. Un sistema de rascadores (perfiles en forma de cuña sujetos a un perfil central accionado por un pistón hidráulico) recorre el cenicero y conduce las escorias hacia la parte posterior por donde se evacúan. Este sistema es regulado por un temporizador. Dos pistones neumáticos, sincronizados con el rascador, permiten la apertura de la trampilla posterior para extraer las cenizas en una pequeña tolva. Las escorias son acumuladas en una dependencia exterior a la nave que está especialmente diseñada para ello.

El accionamiento de las parrillas y de los rascadores del cenicero de la caldera está a cargo de una **central hidráulica**, compuesta por un depósito de 100 dm<sup>3</sup>, una bomba accionada por un motor trifásico de 4 CV, presostato de seguridad y electroválvulas para la gestión del caudal, así como un dispositivo antirretorno.

Existe un sistema de **alimentación de comburente** que se produce a tres niveles:

- . Un **nivel primario** que aporta aire a través de unas bocas de insuflación situadas por debajo de la línea de parrillas, distribuidas longitudinalmente a ambos lados de la cámara. Este aire es necesario, no sólo para aportar el oxígeno necesario para la combustión (filtrándose al interior del hogar entre las parrillas), sino para la refrigeración de las parrillas y su bastidor de sujeción.

- . Un **nivel secundario** que aporta aire por una serie de toberas incorporadas en dos conductos longitudinales a ambos lados de la cámara, situadas por encima de la línea de parrillas. Como consecuencia de las características de la biomasa (alto contenido de volátiles) esta entrada de aire debe ser muy considerada.

- . Un **nivel terciario** que aporta aire por una serie de toberas ubicadas a lo largo del perímetro del conducto circular por el que se accede al intercambiador, lugar por donde pasan los gases de combustión antes de abandonar la caldera (Figura 9).

El volumen de aire necesario para estos tres circuitos lo proporciona un sistema de aspiración de aire ambiental. Este sistema está compuesto por un ventilador (**impulsor de aire**) que aspira el aire con una potencia de 10 CV (1,5 CV en el caso de la caldera pequeña). El aire primario cuenta con un **sistema recuperador de calor** que recupera del calor sensible de los gases de combustión, y cuya misión es aumentar la temperatura del comburente y así el rendimiento de la caldera.

La extracción de los gases de combustión se realiza en la parte superior del intercambiador de la caldera, por su parte posterior. Se conducen dichos gases al exterior de la nave, donde se encuentra un **multiciclón**. La depuración se realiza mediante un sistema de microciclones que someten a la corriente de gases de combustión y partículas de inquemados en suspensión a un movimiento por el interior de los conductos cónicos, de manera que, según se reduce el radio, la corriente pierde velocidad. Cuando esto ocurre, las partículas se ven empujadas hacia la parte inferior. En todo momento la depresión que provoca el **extractor**, situado aguas abajo, hace que la corriente de aire se vea empujada mientras las partículas de inquemados quedan depositadas en el ciclón.

Las cenizas son extraídas por la parte de abajo del ciclón mediante una válvula alveolar, que las deposita en una tolva para su posterior empleo como fertilizante natural agrícola, dado su alto contenido en P y K.

Tras el sistema de regulación de la depresión de la cámara, se encuentra el extractor. El grupo extractor está constituido por un ventilador centrífugo accionado por un motor trifásico de una potencia de 40 CV (5,5 CV en el caso de la caldera pequeña). Es el elemento de accionamiento del tiro. La corriente de los gases de combustión tras el paso por el ventilador pasa a la chimenea.

La **chimenea** es de un diámetro de 900 mm. Aislada en su parte inferior, posee una conducción directa a la cámara de combustión como medida de seguridad. Esta conducción de los gases de escape de seguridad es gestionada por una clapeta accionada por un pistón neumático. Cuando se produce una situación de alarma, se provoca la extracción directa de los gases de combustión desde el hogar a la chimenea mediante la apertura de esta conducción.

El **sistema de regulación es neumático**, utilizando un compresor, de una presión nominal de 5 kg/cm<sup>2</sup> y un circuito neumático que suministra aire a seis pistones (puerta de cenizas (2), tolvas de alimentación de caldera (2), chimenea y multiciclón). Los pistones están dotados de electroválvulas neumáticas que regulan su accionamiento.

El elemento principal de la producción de calor es una **caldera acuotubular** ubicada en la parte superior sobre el

hogar, con disposición vertical. A través del serpentín que recorre la caldera discurre el fluido caloportador, que es calentado por convección por los gases de combustión. El serpentín se encuentra rodeado por una capa de aislante y recubierto por una carcasa metálica, de manera que se minimizan las pérdidas de calor al exterior.

El circuito de fluido caloportador empieza en un colector situado en la entrada de la sala de calderas (**colector de retorno**). Después se dispone de una serie de elementos de seguridad (válvula de mariposa, filtro y manómetro) antes del **equipo de bombeo**, el cual está formado por una bomba centrífuga accionada por un motor trifásico de 60 CV y asegura la circulación de fluido por la caldera, proporcionándole la energía necesaria para salvar la pérdida de carga. Además, asegura régimen turbulento, que es el adecuado para maximizar la transferencia de calor.

Concluye el circuito de producción de calor en un colector que da paso al grupo de bombeo (**colector de aspiración**), que a continuación se describe en el apartado sobre la red centralizada de calefacción. Reseñar que entre el colector de retorno y el colector de aspiración se encuentran dispuestas en paralelo ambas calderas.

## RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA Y CONEXIONES CON LOS USUARIOS

En un primer lugar está el **grupo de bombeo**. Tras el mismo se encuentra la **red de distribución**, que permite el transporte de la energía calorífica hacia los usuarios mediante agua caliente para acabar en la **conexión de los consumidores** (Figura 10).

El grupo de bombeo se encuentra en el interior de la sala de calderas, entre los colectores de aspiración y de impulsión. En una disposición en paralelo se encuentran **cuatro bombas** (2 para cada modo de servicio). Se trata de bombas centrífugas accionadas por motores trifásicos de una potencia nominal de 75 CV, en el caso de las bombas grandes de red, mientras que las empleadas en verano son de 5 CV. El grupo consta de una serie de elementos auxiliares (válvulas de corte, filtro en Y y válvula de retención).

Se dispone de un sistema de seguridad, para asegurar un caudal mínimo de circulación y así impedir que las bombas trabajen en vacío, consistente en un **caudalímetro** y una válvula de control de presión diferencial tarada para un caudal mínimo de un 20% del nominal. Cuando se alcanza este caudal mínimo, se dispone de un by-pass entre ambos colectores, de manera que se asegura un caudal de recirculación. En las Figuras 11 y 12 se muestra el grupo de bombeo (observar detalle de los colectores y elementos auxiliares).



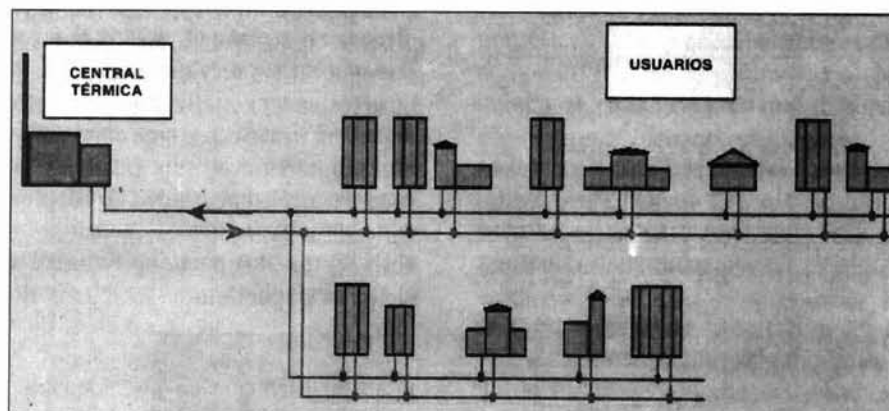
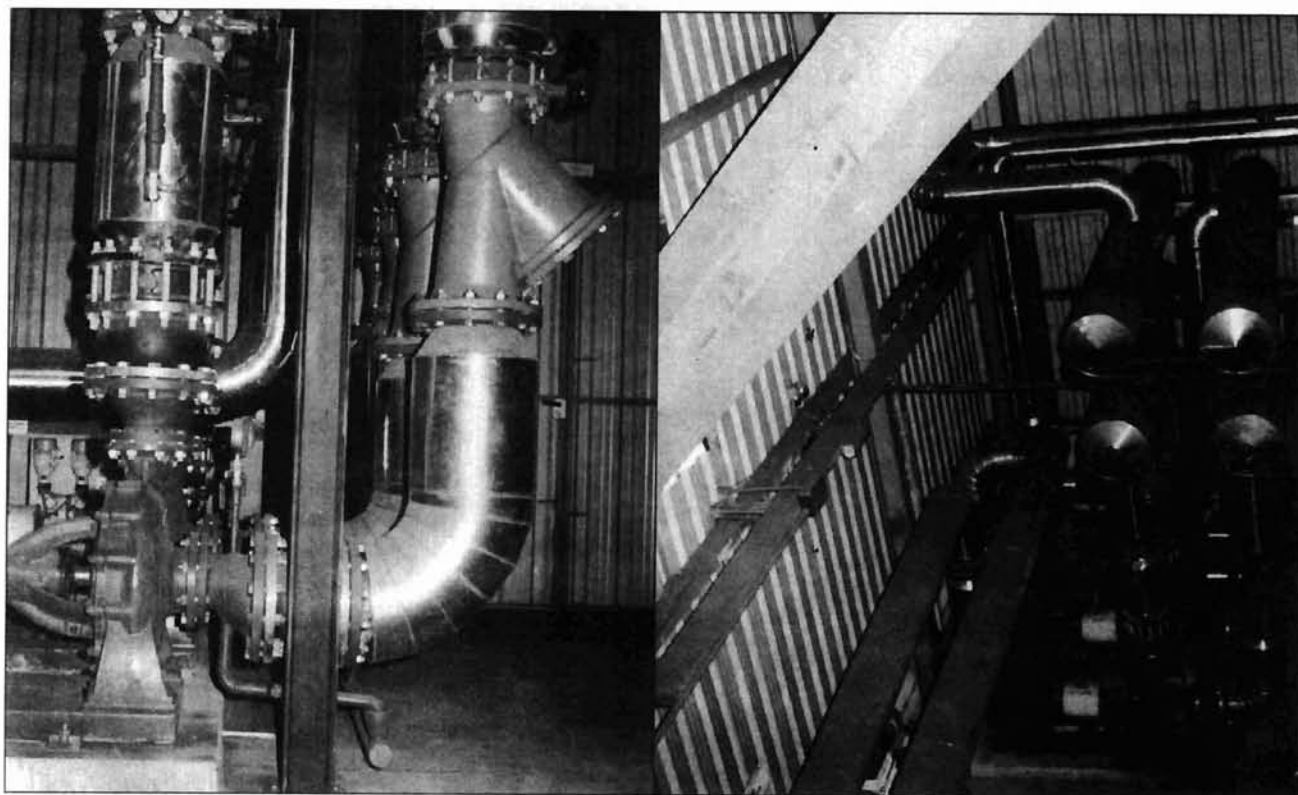


Figura 10.- Esquema de la red centralizada que suministra servicio de ACS y calefacción.



Figuras 11 y 12.- Vista lateral (izquierda) y superior (derecha) del grupo de bombeo.

La red de distribución la componen un sistema de conducciones formado por dos tuberías, una de impulsión y otra de retorno, que recorren los distintos puntos de consumo. Con una distribución en forma de árbol, la red distribuye el fluido caloportador a una profundidad de 1 m bajo el suelo y con una longitud cercana a los 3 km. En origen tiene un diámetro de 200 mm, y en los puntos de consumo llega a diámetros de hasta los 26 mm (en los puntos de menor demanda energética).

Proporciona servicio de calefacción y ACS a 202 familias, repartidas en **cinco cooperativas** (San Sebastián, Los Rosales, Los Claveles, Depuradora y Cardenal Bartolo-

mé) y **trece viviendas unifamiliares**. Además proporciona el mismo servicio al **Colegio Municipal Santa Clara, el Polideportivo Municipal y el Centro Cultural**.

Las conducciones son de acero al carbono estirado preaislado, de procedencia danesa, y de especial idoneidad para este tipo de redes de calefacción centralizada.

La conexión a la red de los distintos usuarios se realiza en paralelo, como se muestra en el esquema visto anteriormente. El fluido caloportador, una vez que ha transferido el calor necesario al usuario, es devuelto a la tubería de retorno.

En la Figura 13 se puede observar una línea de la red llevadas a cabo durante su instalación.

Desde el principio se tuvo en cuenta las instalaciones preexistentes (de combustibles fósiles) con las que contaban los usuarios antes de conectarse a la red centralizada. Siempre se han respetado sus antiguos sistemas de calefacción y ACS, además de asegurarles, en todo momento, que el nuevo sistema no iba a suponer la renuncia a su anterior sistema. Esto obedece

principalmente a dos consideraciones. Por un lado, como medida de seguridad, por lo que cada usuario no va a permanecer sin servicio en caso de avería en este novedoso sistema centralizado. Y, por otro, como posibilidad de que el usuario que siga conectado a la red lo haga por convencimiento propio, pues, en todo momento, se le proporciona la posibilidad de volver al sistema antiguo.

En la Figura 14 se puede apreciar la coexistencia de ambos sistemas en paralelo.



Figura 13.- Instalación de la red de tuberías.

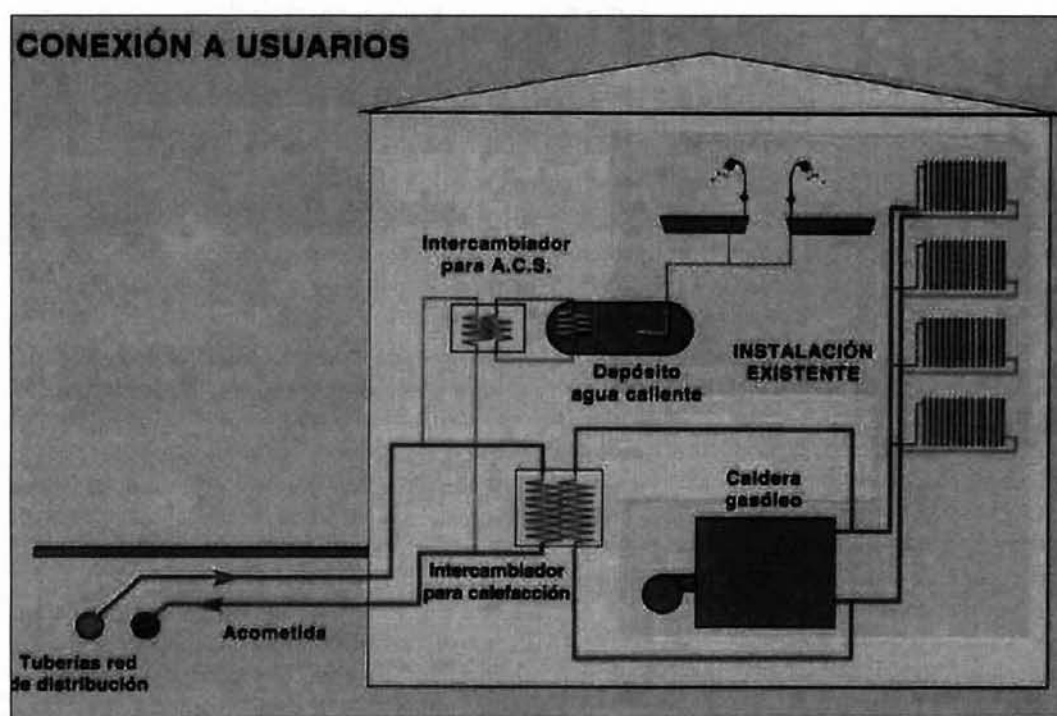


Figura 14.- Conexión de los usuarios a la red de calefacción centralizada.

La tubería de impulsión entra en la edificación del usuario y se dirige hacia la sala de calderas. El fluido del circuito se distribuye entonces en una bifurcación hacia los dos elementos de transmisión de energía hacia los usuarios que se describen a continuación.

El fluido pasa por el **intercambiador de placas** que suministra energía a su circuito de calefacción, y por el otro lado pasa por el **interacumulador de ACS**. Después retorna a la tubería de la red, con menor temperatura.

El sistema cuenta con un equipo regulador de caudales consistente en válvulas de dos vías motorizadas, que son los órganos actuadores de la regulación de temperaturas, estando controladas por un PID para mantener unos niveles de servicio establecidos. Estos reguladores, en función de la temperatura (en el circuito secundario de calefacción y en el vaso de acumulación) del usuario y de la temperatura exterior, son los encargados de regular el caudal de fluido caloportador (agua).

Además, la conexión de cada usuario cuenta con los elementos auxiliares necesarios (válvulas de corte, llaves, etc.) y unos aparatos de medida para llevar a cabo tanto la regulación del caudal, como el control del consumo de energía de cada usuario (Figura 15). La medida de energía empleada de cada usuario se hace en base al salto térmico existente entre ambas tuberías y el caudal que circula en todo momento. Esto queda reflejado en un **contador de energía**, en base a cuya lectura se le factura el consumo realizado.

Como el circuito de calefacción del usuario ha variado por la disposición de un intercambiador de placas para llevar a cabo la transferencia de energía desde la red centralizada al circuito secundario de calefacción, se ha dispuesto la colocación de una **bomba on-line** en el circuito secundario de calefacción del usuario. La colocación de este elemento motor en el circuito existente del usuario se hace necesaria para vencer la pérdida de carga adicional por la circulación del fluido caloportador en el interior de dicho intercambiador de placas.

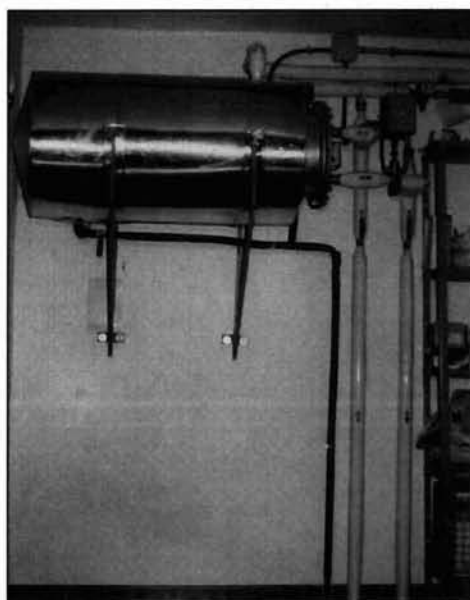


Figura 15.- Detalle del interacumulador de un usuario unifamiliar (izquierda) y la conexión con el sistema de regulación del Polideportivo (derecha).